



Modulare Brennstoffzellensysteme und hoch integrierte Komponenten für Fahrzeuge

Modular Fuel Cell Systems and Highly Integrated System Components for Vehicles

**DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in Stuttgart
Institut für Fahrzeugkonzepte
Andreas Brinner**

**Pfaffenwaldring 38-40, D-70569 Stuttgart
Tel: ++49 (0) 711 6862 574
E-mail: andreas.brinner@dlr.de**



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Internet: www.dlr.de/fk



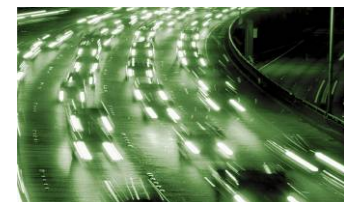
Vortragsinhalt

- ▶ Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
- ▶ Das Geschäftsfeld Verkehr im DLR
- ▶ Das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte am Standort Stuttgart
- ▶ Motivation der System- und Komponentenentwicklung
- ▶ System und Subsystem – laufende Entwicklungen und neueste Produkte
- ▶ Systemkomponenten – Produkte und neue Entwicklungsansätze
- ▶ Zusammenfassung



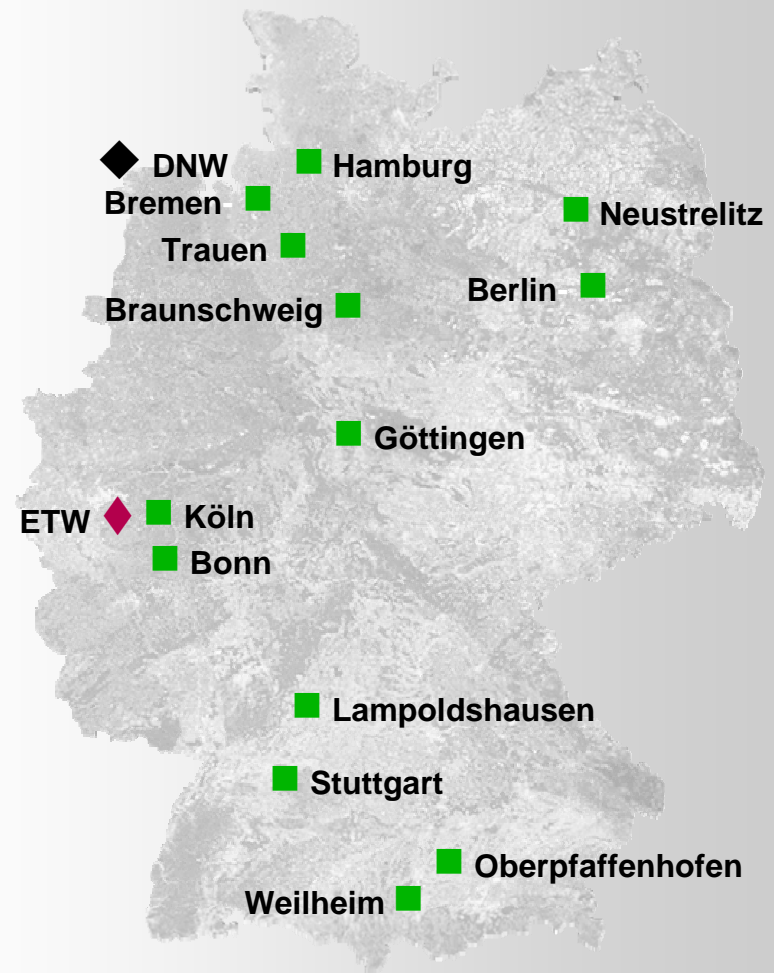
DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

- ▶ Forschungszentrum
 - Luftfahrt
 - Raumfahrt
 - Energie
 - Verkehr
- ▶ Raumfahrt-Agentur
- ▶ Projektträger



Standorte und Mitarbeiter

- ▶ 5.900 Mitarbeiter arbeiten in 29 Forschungsinstituten und Einrichtungen in
■ 13 Standorten
- ▶ Büros in Brüssel, Paris und Washington
- ▶ Partner von
 - ◆ European Transsonic Wind Tunnel (ETW)
 - ◆ German Dutch Wind Tunnels (DNW)





Mobilität – Essenziell für Volkswirtschaften

- ▶ Sichert und fördert wirtschaftliche Entwicklung
 - Verkehr stellt mehr als 18 Millionen Arbeitsplätze in der EU
 - Automobilindustrie sorgt für weitere 14 Millionen Arbeitsplätze
 - Verkehr hält 13% Anteil am EU BSP
 - ▶ Ermöglicht kulturelle und sportliche Veranstaltungen
 - ▶ Befriedigt persönliche Bedürfnisse
- ⇒ Bedarf für schnellen, zuverlässigen und sicheren Verkehr





Mobilität – Zentrale Herausforderungen

- ▶ Nachhaltige Mobilität erreichen in einer Balance von
 - Wirtschaft
 - Gesellschaft
 - Umwelt

durch

- ▶ Sicherung der Mobilität für Menschen und Güter
- ▶ Verbesserung der Sicherheit
- ▶ Schutz von Umwelt und Ressourcen



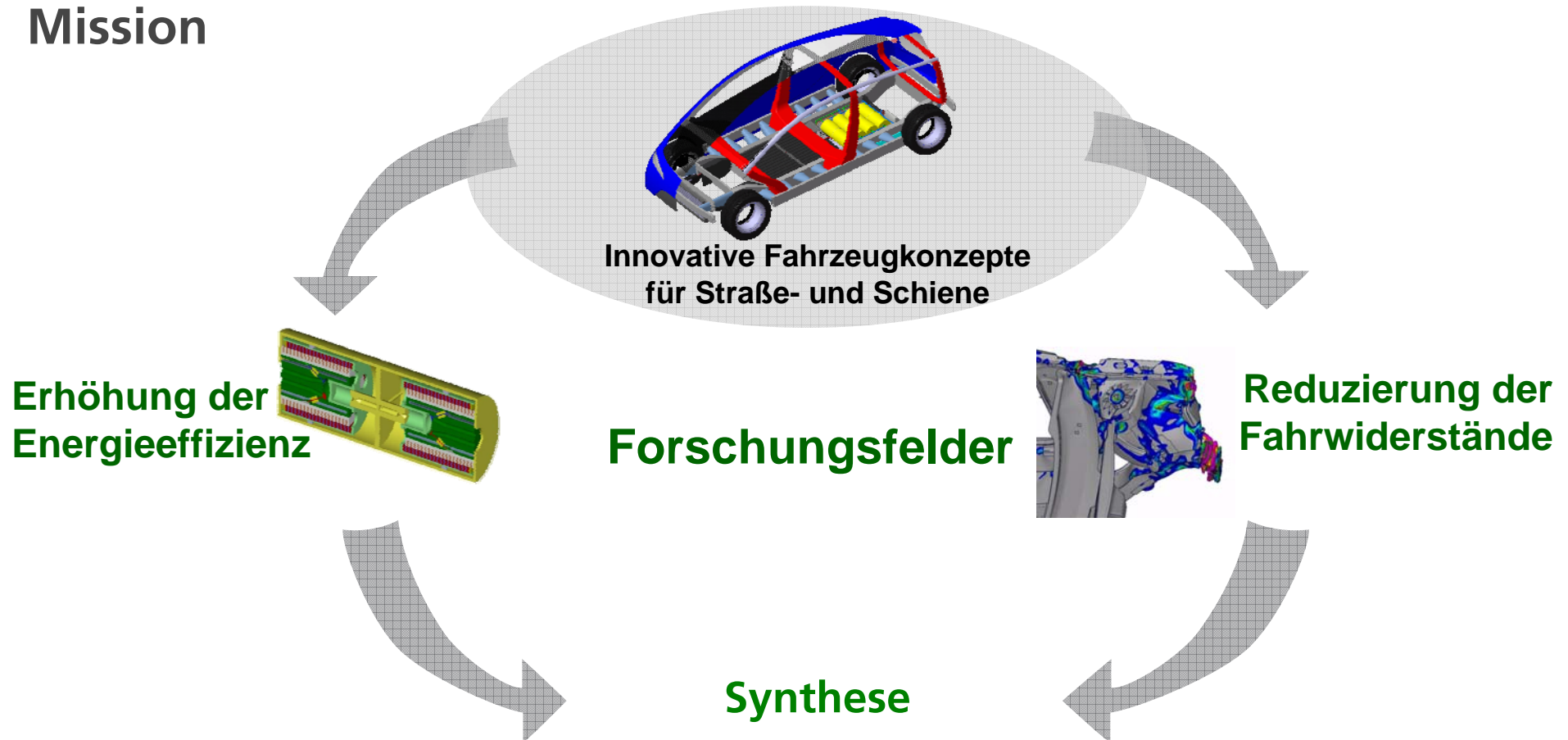
Vision

**Nachhaltige, sichere und finanzierbare
„Individuelle Mobilität“**



- ▶ Signifikant verbesserte Nutzung der Energiepotenziale für Fahrzeug- / und Transportsysteme
- ▶ Durchbruch bei emissions- / CO₂-freien oder neutralen Antriebstechnologien
Beispiel: Fahrzeugtaugliche Brennstoffzellensysteme
- ▶ Erweiterung der Energieträger im Verkehr
Leistungsfähige Wasserstoffspeicher

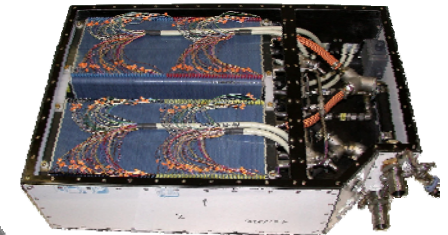
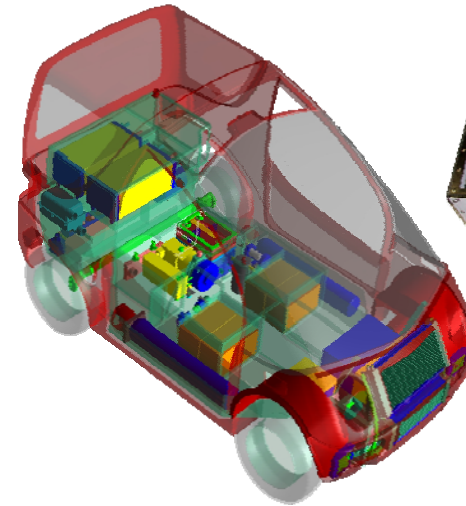
Mission



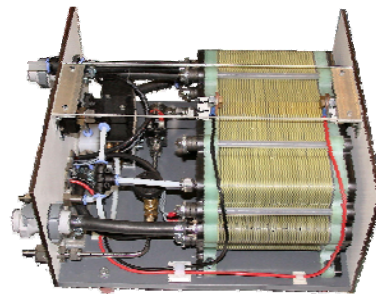
- Neue Fahrzeugkonzepte
- FK gestaltet und demonstriert Innovationen für Fahrzeugkonzepte und Technologien zukünftiger Transportsysteme

Entwicklung von Brennstoffzellensystemen

- ▶ Entwicklungsplattformen & Teststände zur Komponentenentwicklung
- ▶ Neue Systemkomponenten
- ▶ Systemkonzepte & Fahrzeugintegration
- ▶ Energiemanagement für Antriebsstrang & Fahrzeug



Leistung < 5 kW



Leistung > 5 kW

- ▶ „Minimales“ & robustes Brennstoffzellensystem
- ▶ Luft- & wassergekühlte Blöcke
- ▶ Keine Befeuchtung
- ▶ Betrieb nahe Atmosphärendruck
- ▶ Minimaler Eigenverbrauch
- ▶ Modularisierung



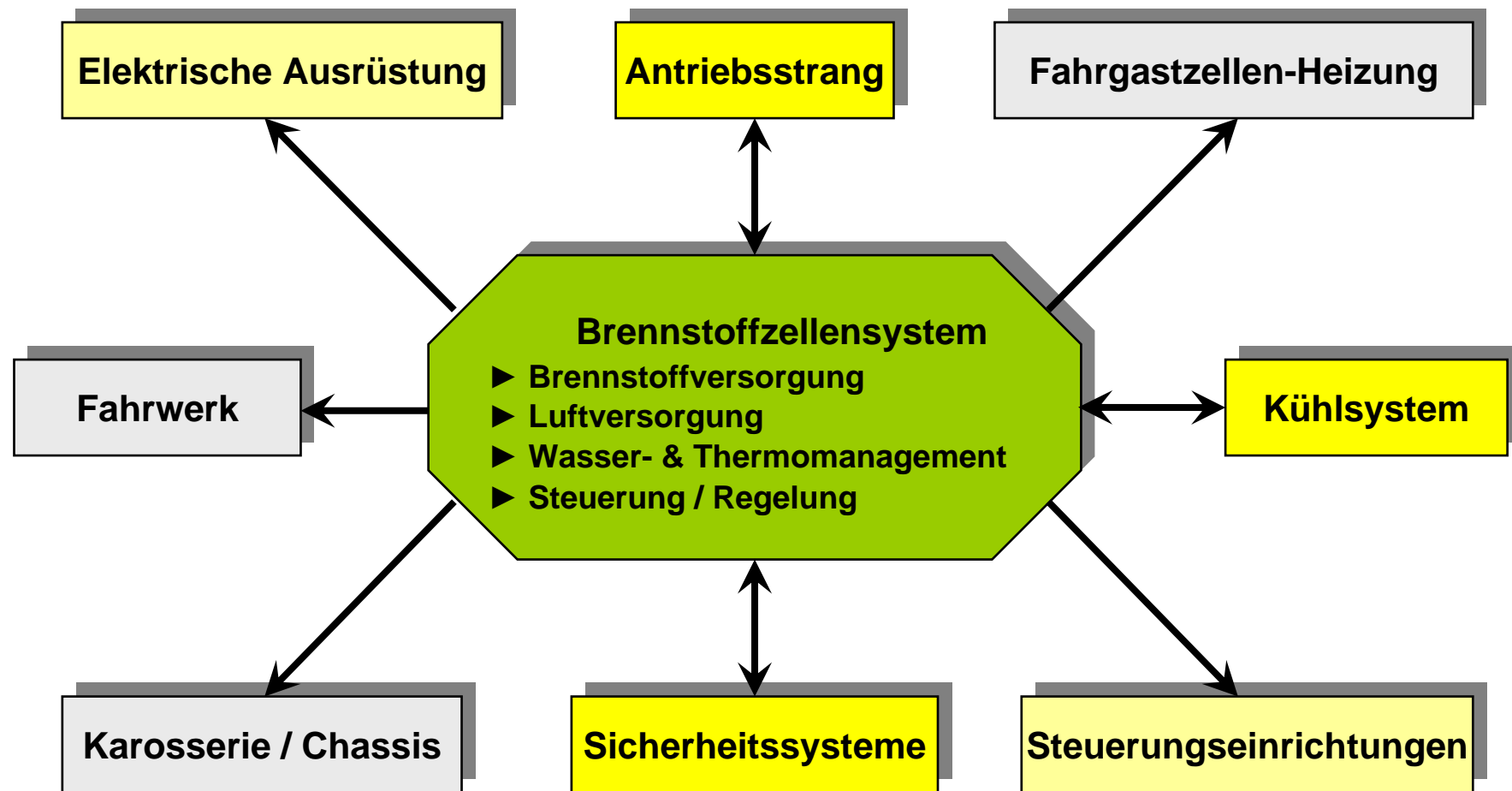
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
System & Subsystem Entwicklung

HyLite® Fahrzeug mit Hybrid-Brennstoffzellenantrieb

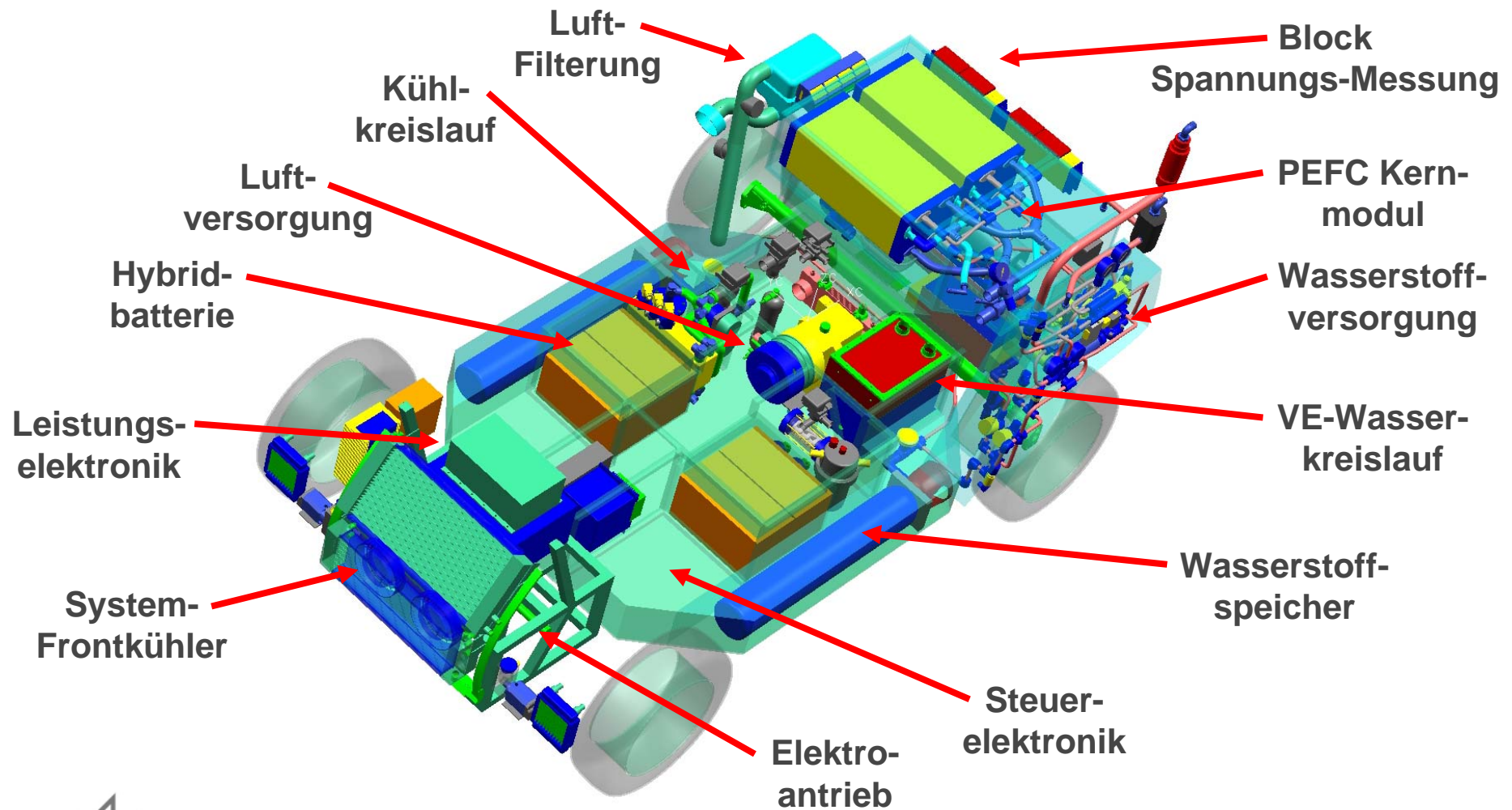
Brennstoffzellen-Systemintegration ins Fahrzeug





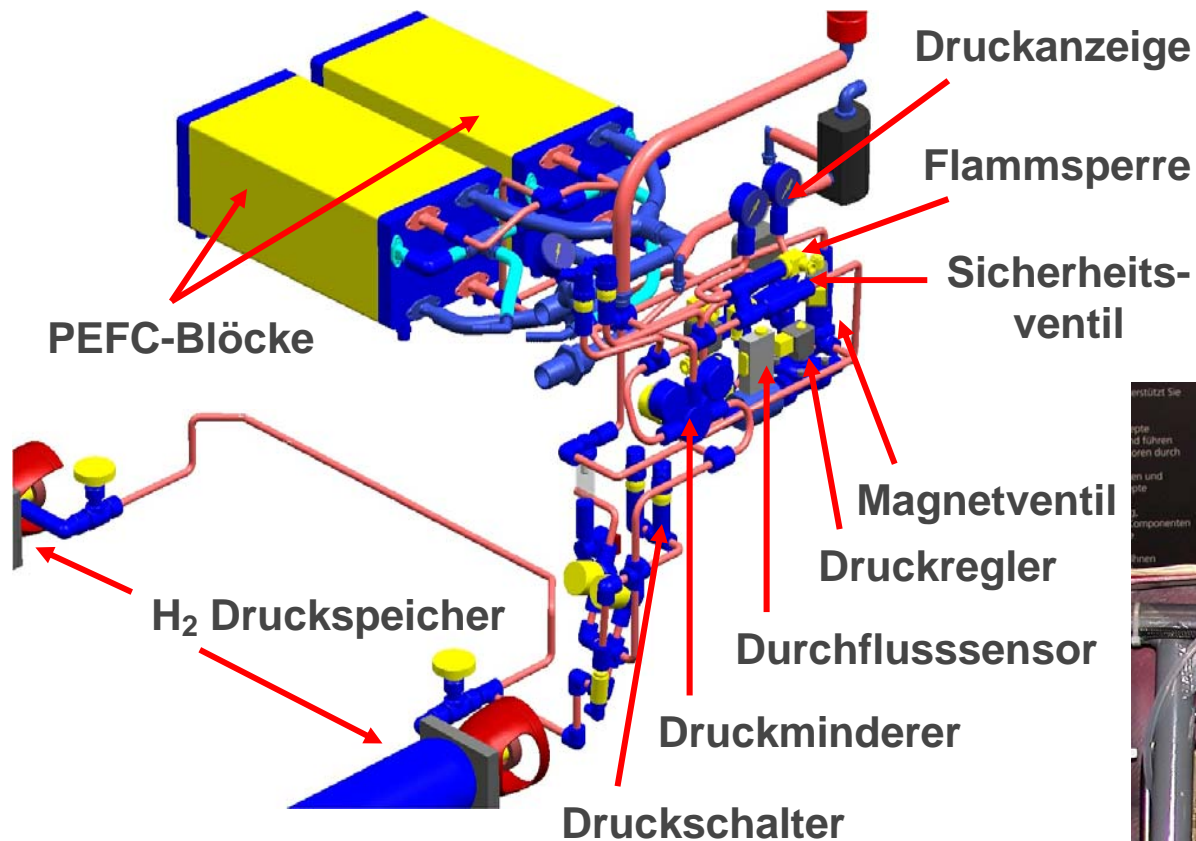
Brennstoffzellen-Antriebsstrangpackage 23 kW_N / 32 kW_p

Details der Systemmodularisierung & Integration

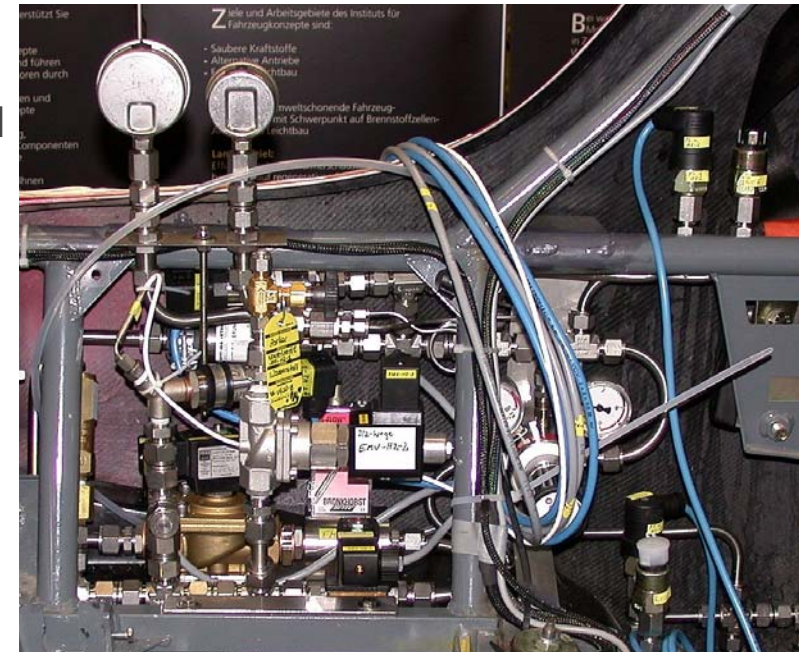


Beispiel: Komponentenpackage der H₂-Versorgung

Wenig Chancen für die Serienrealisierung ohne neue Ideen



Installationsraumvolumen
für H₂-Kreislauf: 10 Liter





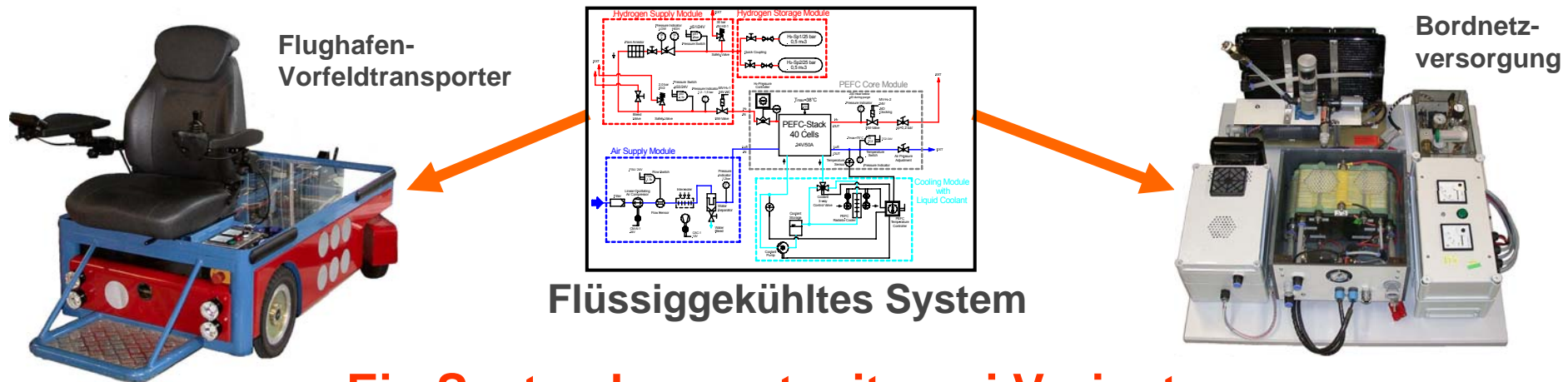
Neue Entwicklungsansätze für Brennstoffzellensysteme

Konzepte, Subsysteme & Komponenten müssen überarbeitet werden

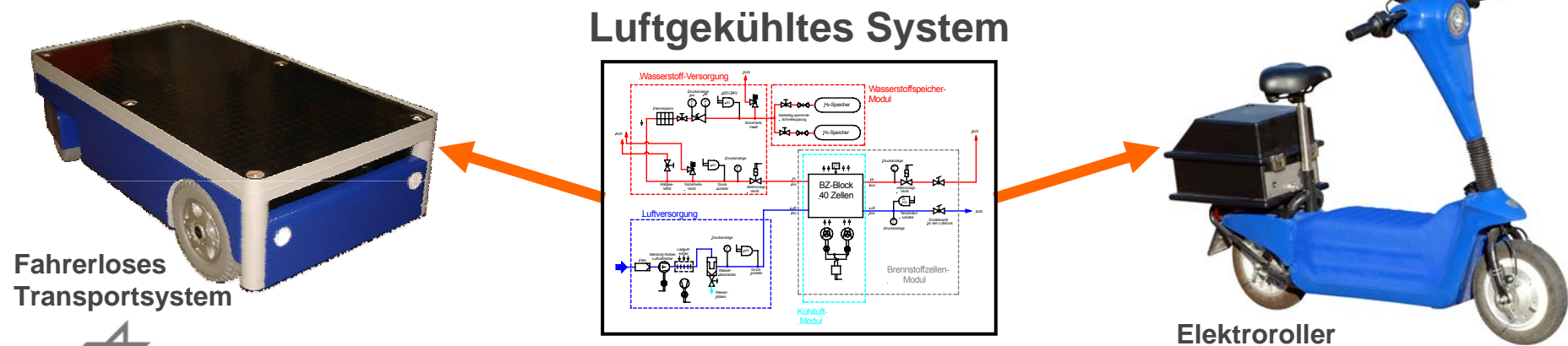
- ▶ **Einfachere Systemkonzepte & Entflechtung der Funktionen**
 - Geringere Kosten
 - Höhere Zuverlässigkeit
 - Bessere Anpassung an spezialisierte Applikationen & Einsatznischen
- ▶ **Modularisierung der verfahrenstechnischen & elektrischen Subsysteme**
 - Vorfertigung von Baugruppen durch spezialisierte Unternehmen
 - Höhere Stückzahlen durch Nutzung von Baugruppen in unterschiedlichen Konzeptvarianten
 - Schnellere Inbetriebnahme und einfachere Integration
- ▶ **Zusammenfassung von Funktionen in hoch integrierten Baugruppen**
 - Weniger Bauteile
 - Höhere Zuverlässigkeit
 - Geringere Kosten

Modulare Brennstoffzellensysteme für Fahrzeuge

Systembeispiele mit Leistungen < 5kW



Ein Systemkonzept mit zwei Varianten für alle Anwendungen



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
System & Subsystem Entwicklung

Modulare Systemkonzepte < 5kW

Flüssig gekühltes 1,2kW_e PEFC-System in modularer Bauweise

Kühlmodul

H₂-Versorgungsmodul

Luft-Versorgungsmodul

PEFC-Systemmodul

Steuerungsmodul



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
System & Subsystem Entwicklung



Modulare Systemkonzepte < 5kW

Modularisierung und Standardisierung

► Modularisierung durch Systemaufbau aus 4 – 6 kompakten Teilsystemen:

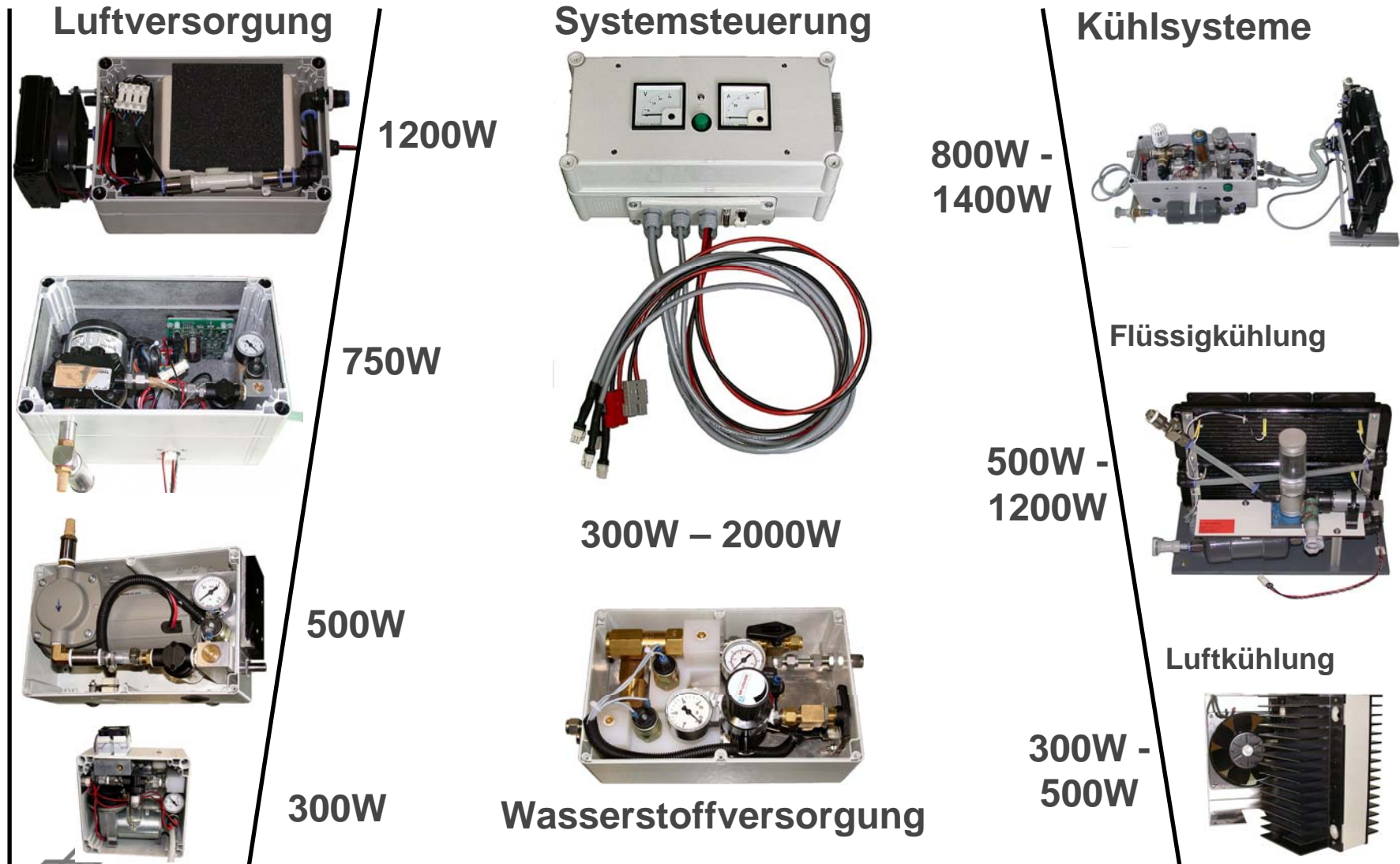
- Wasserstoff-Speichermodul
- Wasserstoff-Versorgungsmodul
- Luft-Versorgungsmodul
- PEFC-Systemmodul
- Kühlmodul (Luftkühlung im Systemmodul, Flüssigkühlung separat)
- Steuerungs-/Energieanpassungsmodul

► Standardisierung durch verwechslungssichere Modulverbindungen:

- Medienverschlauchung/-verrohrung
- Steuersignalverkabelung
- Leistungsübergabeverkabelung



Modulbaureihen-Entwicklung für Brennstoffzellensysteme



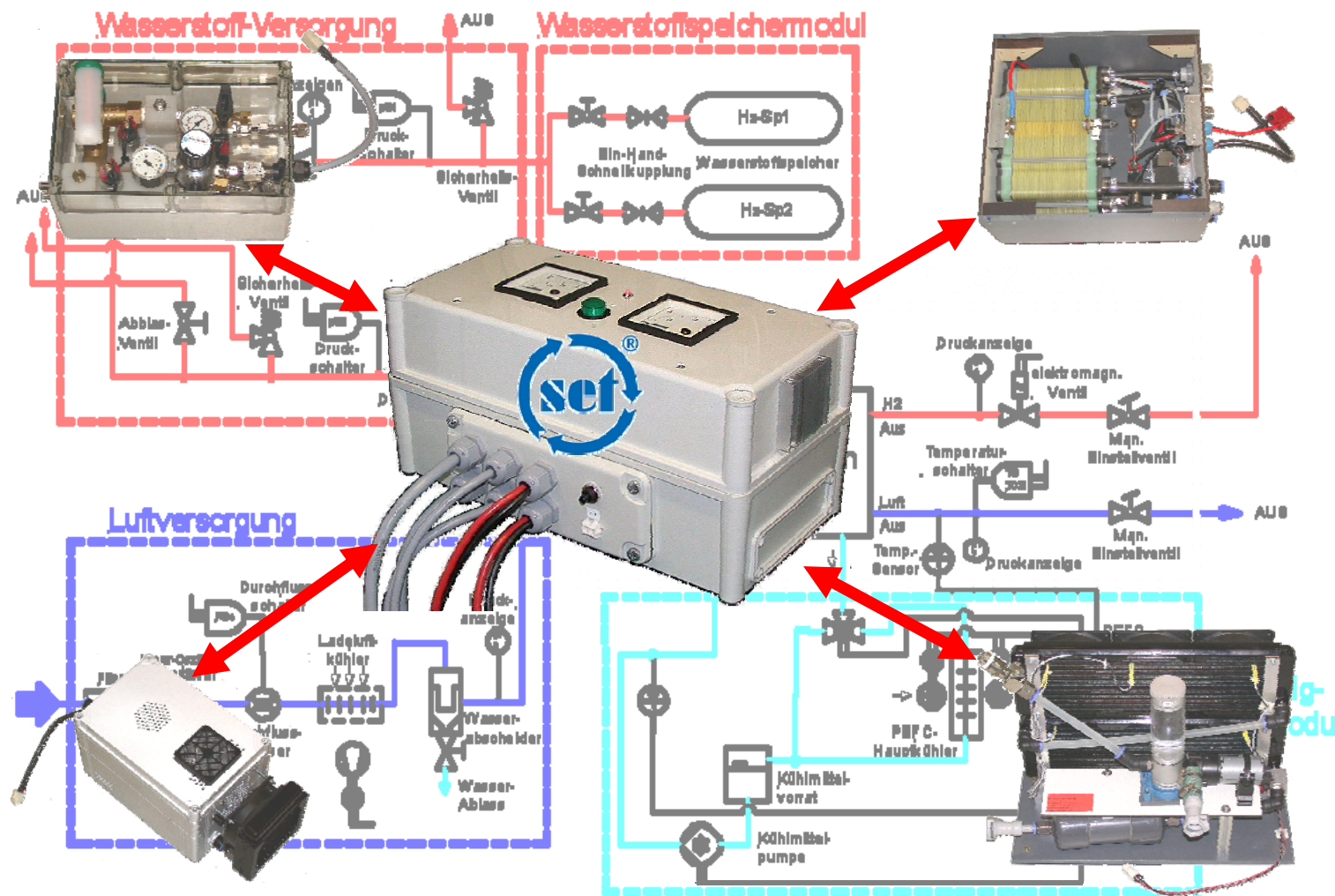
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
System & Subsystem Entwicklung

Zentrale Subsystementwicklung

Eine Steuerung für alle Systemvarianten





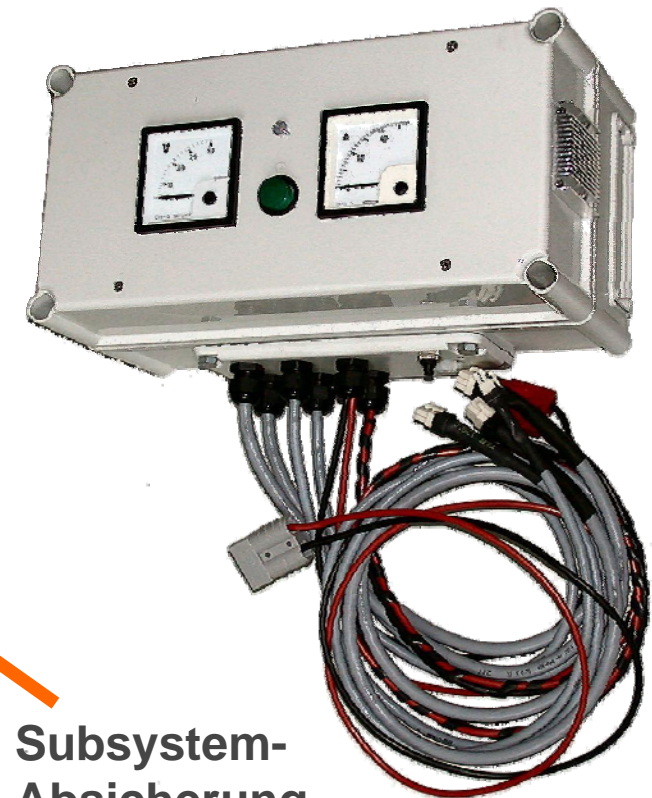
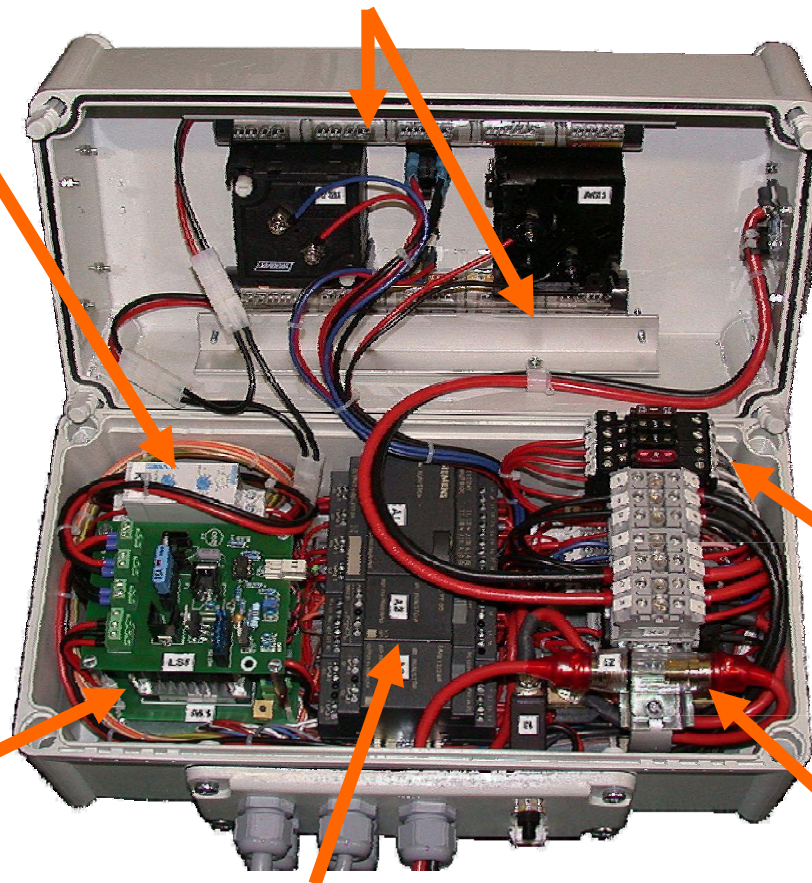
PEFC-Energieversorgung < 5kW

Steuerungsmodul 0,5 – 2,0 kW_N



Stacküberwachung

Starterakku



Subsystem-Absicherung

Laderegler/
Bordnetz

Ablaufsteuerung

Leistungsabgabe



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
System & Subsystem Entwicklung

PEFC-Steuerung aus einer Hand für alle Leistungsklassen



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

system elektrotechnik Gotthold Keller GmbH (SET)

ist ein unternehmergeführter mittelständischer Familienbetrieb
mit ca. 30 Mitarbeitern

im 30 km südlich von Stuttgart gelegenen Nufringen

SET hat 3 Geschäftsbereiche:

Kabeltechnik, KFZ-Zubehör und Dienstleistungen

SET besitzt ein gültiges DIN ISO 9001: 2000 Zertifikat

Erste Prototypen von Brennstoffzellensteuerungen
wurden von **SET** für das DLR Ende 2008 fertig gestellt.

Mit dieser zukunftsweisenden
Technologie möchte sich
SET die kommenden Jahrzehnte
Beschäftigen und somit
seine Zukunft sichern



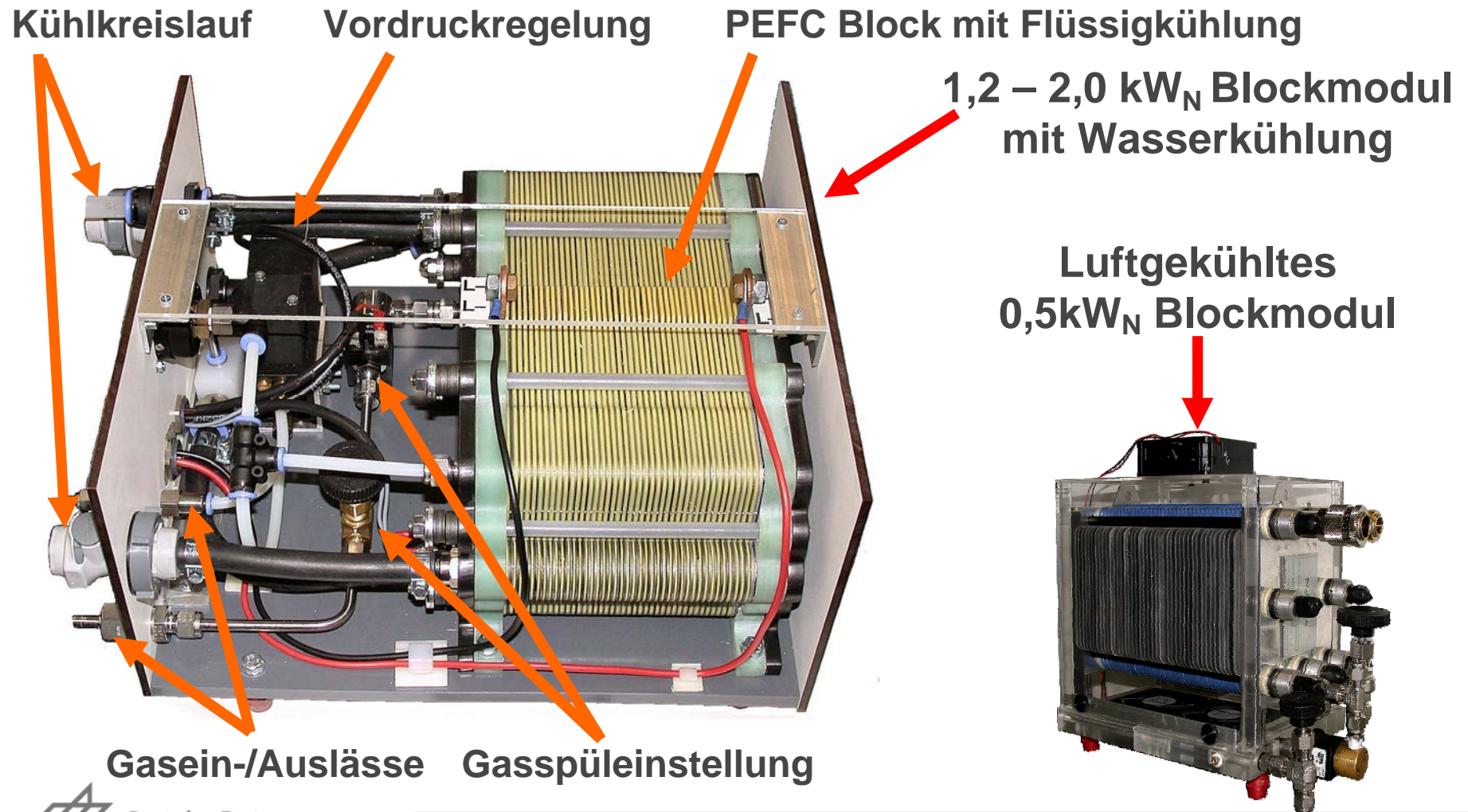
A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
System & Subsystem Entwicklung



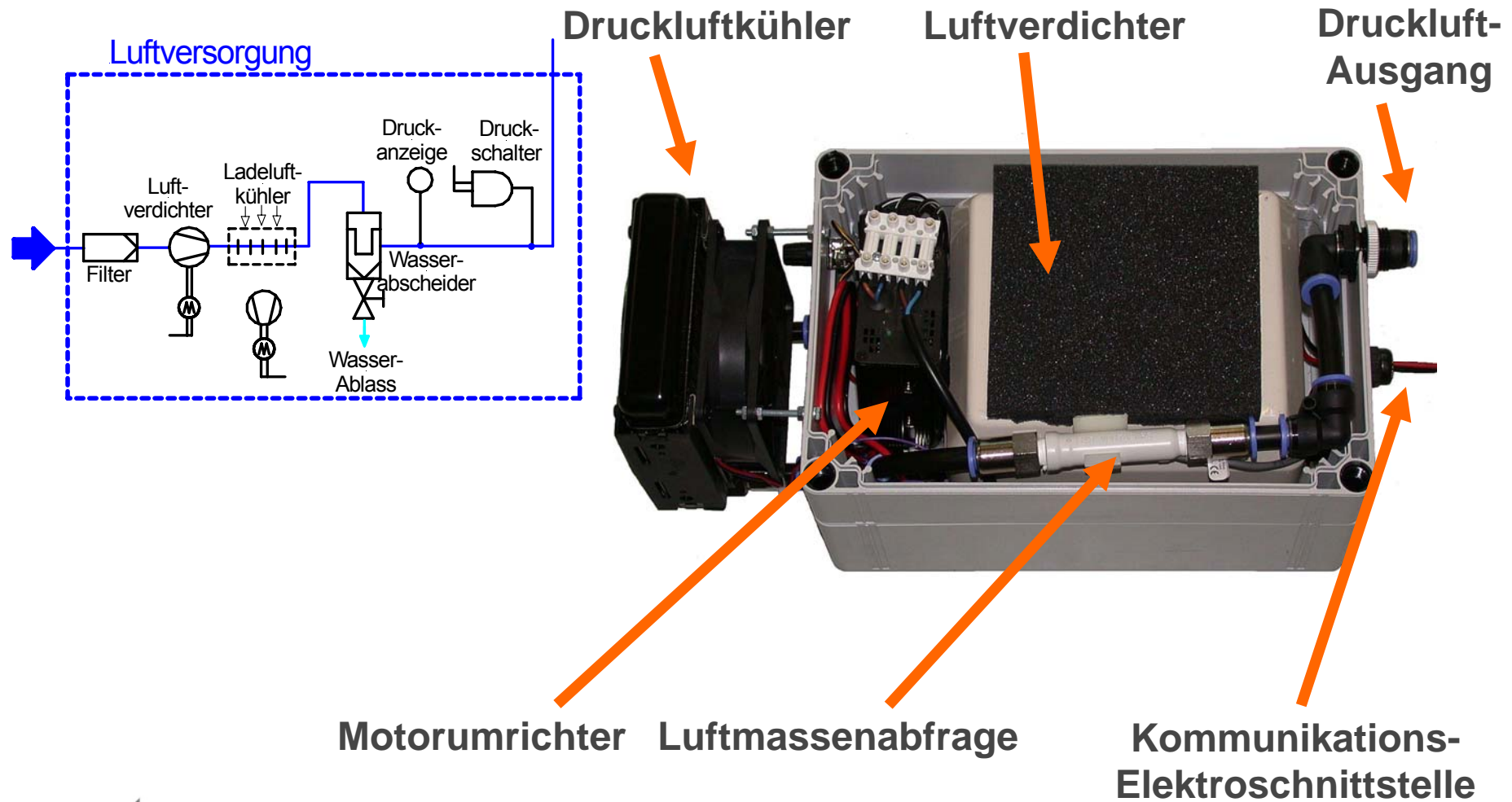
PEFC Subsysteme

Brennstoffzellen-Kernmodule



PEFC Subsystems

1,2kW Luftversorgung mit Schalldämmung

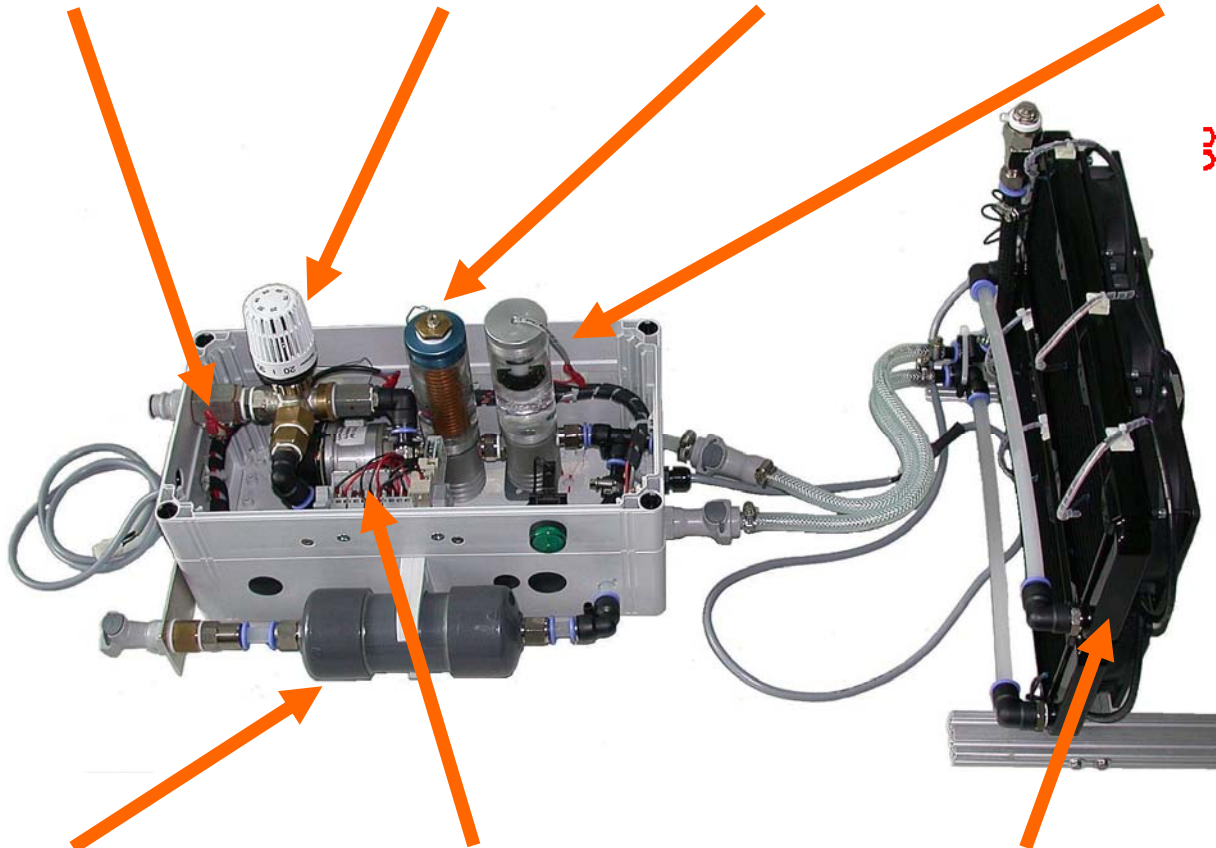




PEFC Subsysteme

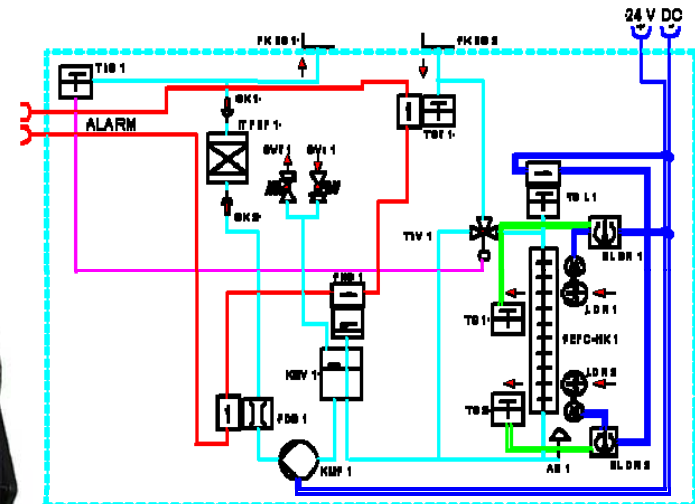
1,4kW Kühlmodul mit geregelter Kühlmittelkreislauf

Temp-Schalter Steuerventil Temp.-Sensor Kühlmittelbehälter



Ionentauscher Kühlmittelpumpe

Radiator mit Lüftern



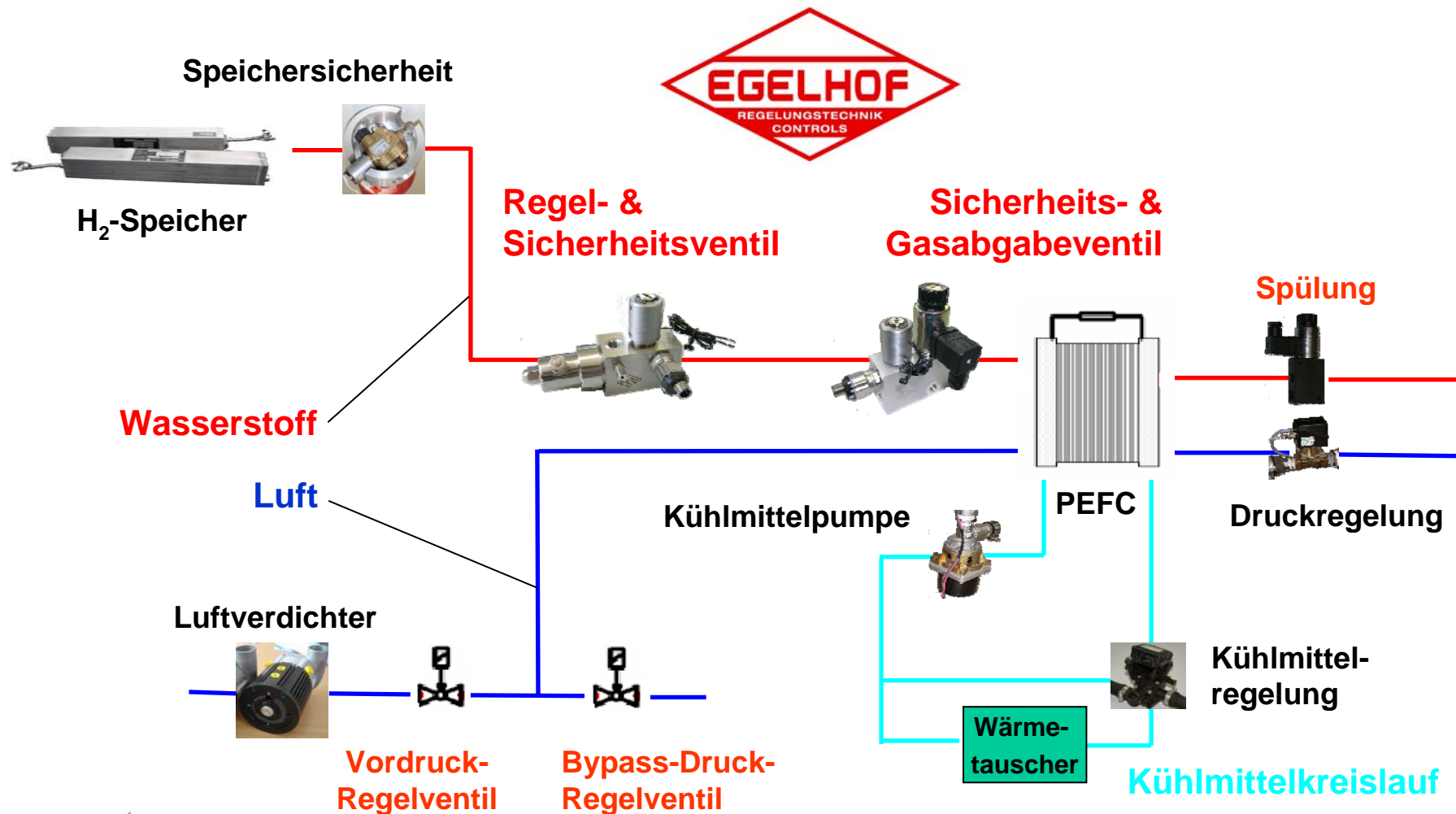
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
System & Subsystem Entwicklung

Entwicklung von Brennstoffzellen-Systemkomponenten

Aktuelle Produkte, Entwicklungen und Ansätze



Lösungen für die Wasserstoffversorgung

4 hochintegrierte Komponenten können zukünftig
35 Komponenten ersetzen

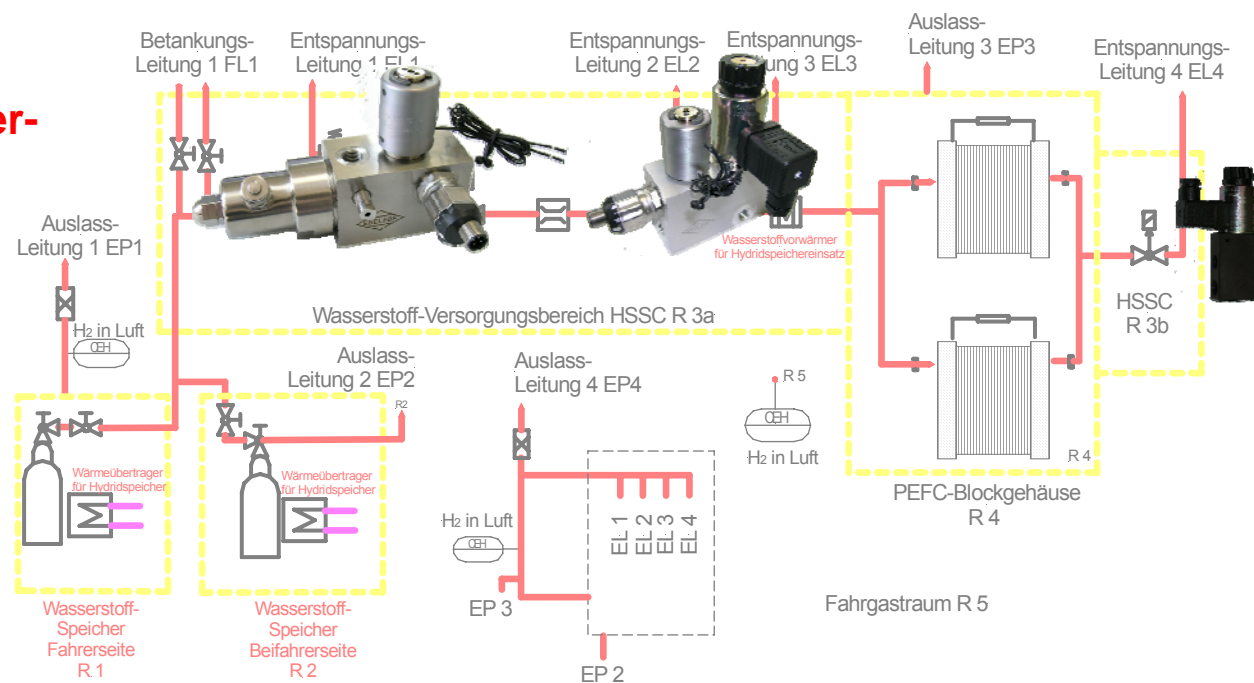


**Regel- &
Sicherheitsventil**

**Sicherheits- &
Gasabgabeventil**

**Spülventil
(in Bearbeitung)**

**Wasserstoffspeicher-
Sicherheitsventil**



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
Komponentenentwicklung

Lösungen für die Wasserstoffversorgung

2 hochintegrierte Komponenten sind bereits marktgerecht

Regel- & Sicherheitsventil



Funktionen in einer Baugruppe:

- EM-Isolationsventil zur Abtrennung der Wasserstoffstrecke vom Brennstoffspeicher
- Druckminderung
- Integrierter Filter
- Durchflussbegrenzung über Fixdrossel
- Überströmventil
- Drucksensierung

Sicherheits- & Gasabgabeventil



Funktionen in einer Baugruppe:

- EM-Isolationsventil zur Stackabsicherung
- EM- 3/2-Wege-Ventil zur
 - Druckminderung
 - Druckregelung
 - Entlüftung
- Integrierter Filter
- Durchflussbegrenzung über Fixdrossel
- Drucksensierung

Hochintegrierte Komponenten für Brennstoffzellensysteme

Innovation Erfahrung Tradition

Die im Jahre 1938 gegründete Firma **OTTO EGELHOF GmbH & Co. KG** ist ein weltweit agierendes Unternehmen, mit Sitz in Fellbach.

Seit Jahrzehnten behauptet sich **Egelhof** durch stetige Weiterentwicklung seiner Produkte sowie durch schnelle Reaktion auf neue Rahmenbedingungen am Markt.



Durch die Entwicklung verschiedenster hochpräziser Expansionsventile etablierte sich die Firma als Spezialist auf dem Sektor der Autoklimaanlagen.

Thermostatventile und Temperatursensoren mit hoher Regelgenauigkeit und langer Lebensdauer zeichnen den Bereich Wärmetechnik aus.

Regelkomponenten für Brennstoffzellenanwendungen runden die Produktpalette ab



Die Fertigung an den Standorten in Frankreich, USA und China ist das Herzstück des Unternehmens. Unsere Produktentwicklung arbeitet Hand in Hand mit unserer Prozessentwicklung und ermöglicht eine schnelle Umsetzung der Kundenanforderung.

Ein kompetentes Mitarbeiterteam aus Konstruktion, Qualität und Produktion vermehrt kontinuierlich sein Know-how und lässt jahrzehntelange Erfahrung in neue Produktentwicklungen einfließen.



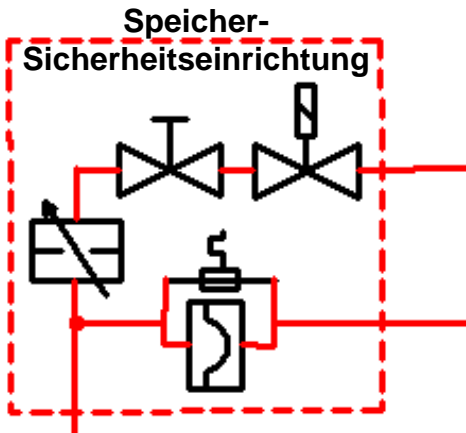
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte



Aktuelle Entwicklungsbeispiele von Systemkomponenten

Wasserstoff-Sicherheitseinrichtung für Hydridspeicher



Funktionen

- Abschalt-Magnetventil
- Handventil
- Überdruck-Sicherung
- Übertemp.-Sicherung
- Durchflussbegrenzer



Entwicklungsbasis

Zulassung einer
200bar
H₂ Sicherheits-
einrichtung

Neue technische Details für den Hydridspeicherbetrieb

- Überdruck-Sicherung: 130bar
- Direkt betriebenes Magnetventil
- Niederdruck-Durchflussbegrenzer
- Über-Temp. Sicherung: 110°C
- Betriebstemperaturbereich: -40 - +85°C



1. Entwicklungsschritt
200bar-Kleinserien
Produkt



2. Entwicklungsschritt
Prototyp
für Hydridspeicher

Aktuelle Entwicklungsbeispiele von Systemkomponenten

Kühlmittel-Regelventil

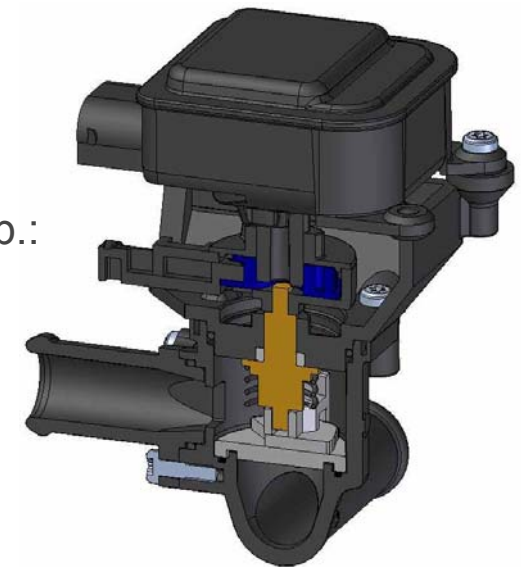
**Motorisches 3-2-Wege-Regelventil
für verschiedene Kühlmittel mit
minimalem Eigenverbrauch**

Wichtigste Betriebsbedingungen:

- geeignet für alle Brennstoffzellengängigen Kühlfüssigkeiten
- Trockenlauf ohne Schmiermittel

Technische Details :

- ▶ Leistungsaufnahme:
2,4 Watt bei 24V DC
- ▶ zugelassene Kühlmitteltemp.:
-30 – 90°C
- ▶ Umgebungstemperatur:
-30 – 80°C
- ▶ Regelgeschwindigkeit:
0 – 90° in 1,8 sec min.



**Schnitt durch
den Ventilkörper**



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

A. Brinner
Institut für Fahrzeugkonzepte

24.04.09
Komponentenentwicklung



Zusammenfassung

- ▶ BZ-Systemvereinfachung und Modularisierung mit Industriepartnern ist auf dem Weg.
- ▶ Erste Ergebnisse erfolgreich abgeschlossener Komponentenentwicklungen werden industrieseitig für Kunden verfügbar gemacht.
- ▶ Erste Subsysteme werden in Kleinserie hergestellt und industriell verfügbar gemacht.
- ▶ Brennstoffzellenblöcke sind als Kleinserienprodukte zu Kosten im Bereich 1500 – 3500 € pro Kilowatt Leistung verfügbar.
- ▶ Die Kostenziele von ca. 1000,-- Euro pro kW können durch die Maßnahmen (1) Systemvereinfachung, (2) Serienherstellung, (3) Funktionsintegration, (4) Nutzung von Großserien-Produktionsmethoden absehbar erreicht werden.

Das DLR arbeitet auch an weiteren Komponenten und Subsystemen, die in dieser Präsentation nicht genannt sind. Bei Interesse wenden Sie sich bitte direkt an uns.

